

Demanda de insumos agrícolas en México un enfoque dual*

Agricultural inputs demand in Mexico: a dual approach

Aníbal Terrones-Cordero¹ y Miguel Ángel Martínez-Damián^{2§}

¹Ciudad Universitaria, Carretera a Tulancingo, km. 4.5. C. P. 42184. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. La Carbonera. Mineral de la Reforma, Hidalgo. (aterrones68@hotmail.com). ²Orientación en Economía. ISEI. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km. 36.5 Montecillo Estado de México C. P. 56230. Tel. 01 595 9520200. Ext. 1841. Fax ext. 1800. [§]Autor para correspondencia: angel01@colpos.mx.

Resumen

Con el fin de analizar la producción agrícola en México se empleó un enfoque dual por medio de una función de costo translog, para derivar un sistema de ocho ecuaciones de demandas de insumos (mano de obra, tractores, trilladoras, crédito de la banca comercial, crédito de la banca de desarrollo, fertilizantes nitrogenados, fertilizantes fosfatados y fertilizantes potásicos). Se usaron datos de series de tiempo del periodo 1970-2006, para precios y cantidades de los insumos y como producto el PIB agropecuario real. Con el objetivo de caracterizar las relaciones de complementariedad o sustitución que guardan los insumos entre sí, se estimaron las elasticidades propias y cruzadas de sustitución parcial Allen-Uzawa entre pares de insumos, encontrando que la demanda de los insumos estudiados es inelástica a su precio. Del conjunto de insumos analizado, los costos de jornales constituyen la mayor proporción del costo (58.62%). Para cubrir la demanda por un crecimiento del producto agrícola para el año 2010, la banca comercial y de desarrollo deben aumentar sus préstamos en 2.28 y 0.72% respectivamente. La demanda de los insumos: trabajo y tractores, crédito de la banca de desarrollo y fertilizantes resultó comportarse como complementarios; mientras que la demanda de los insumos: trabajo y fertilizantes fosfatados, tractores y trilladoras, crédito de la banca de desarrollo y crédito de la banca comercial se comportó como sustitutos.

Abstract

In order to analyze the agricultural production in Mexico, a dual approach using a translog cost function was performed to derive an inputs demand system of eight equations (labor, tractors, threshers, commercial bank credit, credit development banks, nitrogen fertilizers, phosphate fertilizers and potassic fertilizers). Time series data were used for the period 1970-2006, for prices and quantities of inputs and, the actual agricultural GDP as the product. In order to characterize the complementarity relations or substitution that the inputs store between them, the Allen-Uzawa elasticity of substitution between pairs of inputs was used finding that, the demand for the studied inputs is inelastic on its price. From the set of analyzed inputs, the costs of wages constitute the largest share (58.62%). In order to meet the demand for an agricultural output growth in 2010, commercial and development banks should increase the loans in 2.28 and 0.72% respectively. The demand for inputs: labor and tractors, development credit bank and fertilizers resulted to behave as complementary; while the demand for inputs: labor and phosphate fertilizers, tractors and threshers, development credit banks and commercial credit banks behaved as substitutes.

Key words: credit, elasticities, translog cost function, complementary inputs, substitute inputs.

* Recibido: agosto de 2011
Aceptado: noviembre de 2011

Palabras clave: crédito, elasticidades, función de costo translog, insumos complementarios, insumos sustitutos.

Introducción

La actividad agropecuaria requiere usar diferentes insumos de la producción, cuyo comportamiento incide directamente en sus niveles de producción. Dicha actividad tiene una función importante en el crecimiento económico de México, puesto que genera alimentos y materias primas, transfiere capital a la economía y provee de mano de obra a la industria y servicios (López, 1980).

La estructura productiva del sector agrícola se estudia mediante la determinación de sus sistemas de demandas de insumos; al respecto, Yotopoulos *et al.* (1976) usando una función de costo translog, derivan y estiman funciones de demandas de insumos y oferta de producto en la agricultura de Taiwán; los insumos fueron el trabajo, la tracción animal y mecánica, los fertilizantes y tierra, y como variable producto, el PIB agrícola. Los autores concluyen que: 1) el trabajo representa 40% del costo total de producción; 2) el trabajo, la tracción mecánica y animal, los fertilizantes presentan una respuesta inelástica en cuanto a su utilización; y 3) el trabajo y tracción animal, trabajo y tracción mecánica, trabajo y fertilizantes, tracción animal y tracción mecánica, tracción animal y fertilizantes, tracción mecánica y fertilizantes son pares de insumos complementarios.

Sidhu y Baanante (1981) estudiaron las demandas de insumos y oferta de trigo en fincas, en Punjab India, usando una función de beneficio translog, con los insumos trabajo, fertilizante químico y tracción animal, y para la variable producto la producción de trigo. Ellos indican que: 1) el aumento de capital en la finca, en forma de implementos y maquinaria, disminuye significativamente la demanda de tracción animal; 2) la expansión de riego aumenta la demanda de trabajo y fertilizantes; y 3) el aumento en la educación de las familias que trabajan la finca, incrementa la demanda de fertilizantes y la oferta de trabajo.

Mediante una función de costo Leontieff generalizada en la agricultura canadiense López y Tung (1982) generan un sistema demandas de los insumos energía, fertilizantes y pesticidas, trabajo, capital, tierra e insumos intermedios; usan como producto, el PIB agrícola, y concluyen que: 1) el trabajo es el mejor sustituto de la energía, seguido

Introduction

Agricultural activity requires using different inputs for production, whose behavior directly affects their production levels. This activity has an important role in Mexico's economic growth, since it generates food and raw materials, capital transfers to the economy and provides labor for the industry and services as well (López, 1980).

The agricultural production structure is studied by determining their systems of input demand and in this regard, Yotopoulos *et al.* (1976) using a translog cost function, derived and estimated demand functions for inputs and supply of agricultural product in Taiwan; the inputs were labor, animal and mechanical traction, fertilizers and land, and as a variable product, agricultural GDP. The authors concluded that: 1) work represents 40% of the total cost of production; 2) work, mechanical and animal traction, fertilizers exhibit inelastic response as for their use; and 3) labor and animal traction, work and mechanical traction, labor and fertilizers, animal traction and mechanical traction, animal traction and fertilizers, mechanical traction and fertilizers are pairs of complementary inputs.

Sidhu and Baanante (1981) studied the demand for inputs and supply of wheat on farms, in Punjab India, using a translog profit function, with inputs labor, chemical fertilizer and animal traction and, for the variable product, wheat production. They indicated that: 1) the increase of capital on the farm, in the form of implements and machinery, significantly decreases the demand for animal traction; 2) the expansion of irrigation increases the demand for labor and fertilizers; and 3) the increase in education of the families who work in the farm, increased the fertilizers demand and labor supply.

Using a generalized Leontief cost function in Canadian agriculture, López and Tung (1982) generated a demand for energy inputs, fertilizers and pesticides, labor, capital, land and intermediate inputs; used as a product, the agricultural GDP, and concluded that: 1) work is the best substitute for energy, followed by land and seeds; 2) energy is complementary with fertilizer-pesticides; and 3) the scale of production has significant effects in reducing production costs.

The production structure in the wheat-producing region in the United States of America, was analyzed by Weaver (1983) in a multi-product and multi-input, using a translog

por la tierra y la semilla; 2) la energía es complementaria con fertilizantes-pesticidas; y 3) la escala de producción tiene efectos significativos en la reducción de los costos de producción.

La estructura productiva, en la región triguera de Estados Unidos de América, fue analizada por Weaver (1983) en un sistema multi-producto y multi-insumo, usando una función de costo translog, para estimar demandas de trabajo, fertilizantes, combustible, materiales y servicios al capital; y los productos fueron trigo, centeno, cebada, avena, maíz, heno, girasol y productos pecuarios; los resultados fueron: 1) un aumento en el precio esperado del trigo ocasiona una expansión en el uso de trabajo, fertilizantes, servicios al capital y demás insumos empleados, así como una ampliación en los productos; 2) las demandas por fertilizantes y servicios al capital son inelásticas; 3) la demanda para productos del petróleo fue inelástica; 4) el capital y el trabajo presentan una relación de complementariedad; 5) un crecimiento en el precio de los insumos, propicia una disminución en los productos y en el uso de los insumos.

Para México, Omaña (1999) usó una función de costo translog, para estimar un sistema de demandas de insumos en la producción de maíz a nivel regional, considerando los fertilizantes, pesticidas, semilla, tierra, trabajo, tracción mecánica y animal, riego por gravedad y otros; como variable producto usó la producción de maíz. Encontró que: 1) la tracción (mecánica y animal) y la tierra constituyen los insumos más significativos dentro del costo total, representando 20.19 y 20.03%, respectivamente; 2) un incremento en la producción requiere mayor uso de fertilizantes, pero menor empleo de tierra; 3) los fertilizantes se sustituyen con tierra, trabajo, tracción, semilla, pesticidas y riego por gravedad, pero presentan complementariedad con el crédito; 4) el trabajo se sustituye con pesticidas y se complementa con tracción, riego por gravedad y crédito; y 5) el crédito se complementa con semilla y riego por gravedad.

Existen otros estudios que muestran una forma diferente de estimación de la función de costos, a través de la aplicación de métodos Bayesianos (Terrell 1996; Griffiths *et al.* 2000). En el estudio particular de Griffiths *et al.* (2000) estima un sistema de ecuaciones cuadráticas de costos para el sector agropecuario de Australia, aplicando la aproximación Bayesiana en combinación con el uso de los métodos de simulación Markov Chain Monte Carlo (MCMC) para los insumos tierra, capital y otros insumos; obteniendo como resultados la información de los parámetros, la predicción

cost function to estimate the demand for labor, fertilizers, fuel, materials and, capital services; and the products were wheat, rye, barley, oats, corn, hay, sunflower and livestock products; the results were: 1) an increase in the expected price of wheat causes an expansion in the use of labor, fertilizers, capital services and, other inputs used, and an increase in the products; 2) the demands for fertilizers and capital services are inelastic; 3) the demand for petroleum products was inelastic; 4) capital and labor have a complementary relationship; and 5) an increase in the input prices, promotes a decrease in the products and the use of inputs.

For Mexico, Omaña (1999) used a translog cost function to estimate a system of demands for inputs in maize production at regional level, considering the fertilizers, pesticides, seeds, land, labor, animal and mechanical traction, irrigation gravity and others as variable product used in maize production. Found that: 1) traction (mechanical and animal) and land are the most significant inputs in the total cost, representing 20.19 and 20.03%, respectively; 2) an increase in production requires increased fertilizer usage, but less use of land; 3) fertilizers are replaced with dirt, labor, traction, seeds, pesticides and irrigation by gravity, but have complementarity with the loans; 4) labor is replaced with pesticides and complemented with traction, surface irrigation and credit; and 5) the loan is complemented with seeds and gravity irrigation.

There are other studies that show a different way to estimate the cost function, through the application of Bayesian methods (Terrell, 1996; Griffiths *et al.*, 2000). In the particular study of Griffiths *et al.*, (2000) estimates a cost of quadratic equations for the agricultural sector in Australia, using the Bayesian approach in combination with the use of simulation methods Markov Chain Monte Carlo (MCMC) for land inputs, capital and other inputs; obtaining as a result the parameter information, the prediction of the shares of inputs, and the estimation of the eigen-values and price elasticities of the demand.

Here is a study that analyzes the behavior of domestic agricultural production from aggregated inputs. Drawing on the weak separability assumption, this implies that, the total inputs for production analysis are not required, a translog cost function was presented with the inputs labor, tractors, threshers, commercial credit and credit development banks, nitrogenous, phosphate and potassic; and the product (agricultural GDP) to form a system of demands and respond to: How important are the various inputs of production in

de las participaciones de los insumos, así como la estimación de los eigen-valores y las elasticidades precio propias y cruzadas de la demanda.

Aquí se presenta un estudio que analiza el comportamiento de la producción agropecuaria nacional a partir de insumos agregados. Recurriendo al supuesto de separabilidad débil, esto implica que no se requiere el total de los insumos para hacer el análisis de producción, se plantea una función de costo translog con los insumos mano de obra, tractores, trilladoras, crédito de banca comercial y de desarrollo, fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos; y el producto (PIB agropecuario) a fin de conformar un sistema de demandas y responder a: ¿Qué importancia tienen los diferentes insumos de la producción dentro de la actividad agropecuaria?, ¿Qué insumos son complementarios o sustitutos en la producción?, y ¿Cómo se comporta la demanda de crédito ante la tendencia de la relación de precios?

Los objetivos de esta investigación fueron derivar y estimar un sistema de demandas de los insumos antes mencionados en la producción agropecuaria de México, durante el periodo 1970-2006; calcular las elasticidades propias y cruzadas de las demandas, así como las elasticidades de sustitución parcial Allen-Uzawa; y determinar la variación de la demanda por crédito de la banca de desarrollo, debido a cambios en la relación de precios de los insumos. La hipótesis de trabajo es que la inversión (vía crédito) es un factor decisivo en la producción bajo demandas de insumos inelásticas a su precio.

Material y métodos

Fuentes de información. Este trabajo se llevó a cabo tomando una serie de tiempo de 37 años (1970-2006), las cifras utilizadas son anuales. Para el producto, se tomó el PIB agropecuario (agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) del periodo considerado, cuya fuente fue el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Para los insumos, se recopiló información de cantidades y precios, en el caso de la mano de obra, se usó el número de jornales empleados y la remuneración media anual por jornal, siendo el INEGI la fuente principal.

Con relación a la mecanización, se consideró el número de tractores y cosechadoras-trilladoras utilizadas, y el precio por unidad; estas cifras se obtuvieron de la página de internet de

farming, What inputs are complementary or substitutes in production?, and How does the demand for credit at the tendency of the price ratio?

The objectives of this research were to derive and estimate a demand system of the above inputs in agricultural production in Mexico during the 1970-2006 period; to calculate elasticities of demand, as well as the Allen-Uzawa partial elasticities of substitution; and determining the change in the demand for credit development banks, due to changes in the relative prices of inputs. The working hypothesis is that investment (via credit) is a critical factor in producing under inputs demand inelastic to its price.

Materials and methods

Information sources. This work was carried out taking a time series of 37 years (1970-2006), the figures used are annual. For the product, the agricultural GDP was taken (agriculture, livestock, forestry and fishing) from selected the period, whose source was the National Institute of Statistics, Geography and Informatics (INEGI). For inputs, we collected information on quantities and prices, in the case of labor we used the number of wage employees and average annual compensation for wages, being the main source INEGI.

With regard to mechanization, the number of tractors and combine harvesters used were considered, and the price per unit; these figures were obtained from the website of the Organization of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). In terms of credit granted by commercial and development banks we worked with the amounts authorized for each of these and applied interest rates; these figures were obtained from the sixth report of the President Ernesto Zedillo, from the Bank of Mexico website (BM) and the National Agricultural Council (CNA), 2003. For the three types of fertilizers, the amount of fertilizer used in tons applied to the sector and the price per tonne; these data were obtained from the website of FAO and INEGI.

To discount the inflation, each series became in real pesos, using the National Index of Consumer Prices (CPI) with base year 1994, which was taken from the Bank of Mexico. In order to obtain the cost of the various inputs, the amount of each of them was multiplied by their price. Since tractors and threshers are not completely consumed in a year, a

la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). En cuanto al crédito descontado tanto por la banca comercial como la de desarrollo, se trabajó con los montos habilitados por cada una de estas y las tasas de interés aplicadas; estas cifras se obtuvieron del sexto informe de gobierno del presidente Ernesto Zedillo, de la página de Internet del Banco de México (BM) y del Consejo Nacional Agropecuario (CNA), 2003. Para los tres tipos de fertilizantes, se usó la cantidad de fertilizantes en toneladas aplicadas al sector y el precio por tonelada; estos datos se obtuvieron de la página de Internet de la FAO y el INEGI.

Para descontar la inflación, se convirtió cada serie a pesos reales, usando el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) con año base 1994, el cual fue tomado de datos del Banco de México. Con el propósito de obtener el costo de los diferentes insumos, se multiplicó la cantidad de cada uno de ellos por su precio. Como los tractores y las trilladoras no se consumen totalmente en un año, se consideró una tasa de depreciación 10% anual. Para el costo del crédito se tomó en cuenta como cantidad el monto asignado por cada una de las bancas y como precio, la tasa de interés aplicada.

La función de costo translog. La estimación de una función de costos resulta relevante para el análisis de la tecnología con la que operan los sectores de la economía. Una empresa maximizadora de beneficios debe ser al mismo tiempo eficiente con relación a sus costos; es decir, debe operar con costos medios mínimos, así como también ofrecer la combinación óptima de productos. La forma funcional flexible translog fue desarrollada por Christensen *et al.* (1973). En el caso de una función de producción, la correspondiente función de costo translog (teoría dual de Shephard) se expresa como (Chung, 1994; O'Donnell y Woodland, 1995):

$$\ln C = \ln \alpha_0 + \alpha_y \ln y + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln w_i + 1/2 \beta_{yy} (\ln y)^2 + 1/2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_{i=1}^n \beta_{iy} \ln y \ln w_i \quad (1)$$

Para todo $i \neq j$ con $i, j = 1, 2, \dots, n$. Donde: C = costo total de producción; y = producto total; w_i = precio del insumo i ; α_0 , α_y , α_i , β_{ij} , β_{iy} y β_{yy} = parámetros a estimar.

Por el lema de Shephard, la derivada parcial de la función de costo con respecto a precios de los insumos, produce las participaciones de estas con relación al costo total (Baanante y Sidhu, 1980). Estas ecuaciones de participación de insumos, en la función de costo translog, se expresan como:

depreciation rate of 10% was considered. For the cost of the credit was taken into account the amount allocated for each of the banks and as the price, the interest rate applied.

The translog cost function. Estimating a cost function is relevant for the analysis of the technology operating in the economic sectors. A profit-maximizing firm should be at the same time efficient in relation to its costs; that is, must operate with minimum average costs, as well as offering the best combination of products. The translog flexible functional form was developed by Christensen *et al.* (1973). In the case of a production function, the corresponding translog cost function (Shephard's dual theory) is expressed as (Chung, 1994; O'Donnell and Woodland, 1995):

$$\ln C = \ln \alpha_0 + \alpha_y \ln y + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln w_i + 1/2 \beta_{yy} (\ln y)^2 + 1/2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_{i=1}^n \beta_{iy} \ln y \ln w_i \quad (1)$$

For all $i \neq j$ with $i, j = 1, 2, \dots, n$. Where: C = total cost of production; y = total products; w_i = inputs price i ; α_0 , α_y , α_i , β_{ij} , β_{iy} and β_{yy} = parameters to estimate.

By Shephard's lemma, the partial derivative of the cost function with respect to input prices, produces these results in relation to the total cost (Baanante and Sidhu, 1980). These equations share of inputs, in the translog cost function is expressed as:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln w_i} = S_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln w_j + \beta_{iy} \ln y, \text{ para } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Where: S_i is the share of the cost of input i relative to the total cost, y denotes the demand function for input i . The shares of input costs sum the unit, i.e. $\sum_{i=1}^n S_i = 1$. Therefore, compliance with this condition implies that only have $(n-1)$ linearly independent entries. Hence, to avoid singularity problems, the estimating system consists of $(n-1)$ equations of participation. The cases considered were:

1) Linear homogeneity input prices, parametrically defined as:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \sum_{i=1}^n \beta_{ij} = 0, \text{ and } \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = 0 \quad (3)$$

2) Simetric ($\beta_{ij} = \beta_{ji}$ where $i \neq j$).

3) Perfectly competitive market; i.e. producers are price takers.

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln w_i} = S_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln w_j \beta_{iy} \ln y, \text{ para } i, j= 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Donde: S_i es la participación del costo del insumo i con relación al costo total, y denota la función de demanda del insumo i . Las participaciones de costos de los insumos suman la unidad, es decir: $\sum_{i=1}^n S_i = 1$. Por tanto, el cumplimiento de esta condición implica que sólo se tiene $(n-1)$ participaciones linealmente independientes. De ahí que, para evitar problemas de singularidad, el sistema a estimar consta de $(n-1)$ ecuaciones de participación. Los supuestos considerados fueron:

1) Homogeneidad lineal en precios de los insumos, definida paramétricamente como:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \sum_{i=1}^n \beta_{ij} = 0, \text{ y } \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = 0 \quad (3)$$

2) Simetría ($\beta_{ij} = \beta_{ji}$ donde $i \neq j$). (4)

3) Mercado de competencia perfecta; es decir, los productores son tomadores de precios.

4) Los errores se asumen aditivos, con esperanza cero, varianza finita con correlación contemporánea para cada una de las S_i .

Las restricciones de homogeneidad y simetría tienen implicaciones econométricas, ya que no sólo contribuyen a elevar la eficiencia de la estimación, sino que permite reducir el número de parámetros a estimar sin pérdida de información (Pindyck y Rubinfeld, 1981).

El modelo empleado. Para la construcción del modelo usado en esta investigación, se tomaron en cuenta cantidades y precios de ocho insumos mencionados y como producto se consideró el PIB agropecuario a precios de 1994. En la implementación empírica, se tiene que asumir separabilidad débil de la función de costo, ya que de otra forma se deben considerar todos los posibles insumos que entran en la producción, lo que impediría análisis alguno. Así, la función de costos está constituida de ocho ecuaciones de participación de insumos, donde se excluye la participación de los fertilizantes potásicos (S_p), esto con fines de estimación. Aunque cualquiera de las 8 ecuaciones podría ser excluida, puesto que los parámetros de la ecuación eliminada en el modelo, son obtenidas de manera residual vía la restricción de homogeneidad.

4) The errors are assumed additive, hopefully zero, and finite variance with contemporaneous correlation for each of the S_i . The homogeneity and symmetry restrictions have econometric implications, since not only help to increase the efficiency of the estimate, but also reduces the number of parameters to be estimated without loss of information (Pindyck and Rubinfeld, 1981).

The model employed. To build the model used in this research quantities and prices of eight inputs mentioned were taken into account and, as for the product the agricultural GDP at 1994 prices was considered. In the empirical implementation, it must assume weak separability of the cost function, since that would otherwise be considered all the possible inputs into production, thus preventing any analysis. Thus, the cost function is composed of eight equations involving inputs, which excludes the participation of potassium fertilizer (S_p), this for estimation purposes. Although any of the eight equations could be excluded, since the parameters of the equation eliminated in the model are obtained residually via the restriction of homogeneity.

Developing equation (2), the model is expressed as:

$$S_i = \alpha_{im} + \beta_{im} \ln w_m + \beta_{it} \ln w_t + \beta_{id} \ln w_d + \beta_{ic} \ln w_c + \beta_{ib} \ln w_b + \beta_{in} \ln w_n + \beta_{if} \ln w_f + \beta_{iy} \ln y + e_i \quad (5)$$

Where: S_i = share of input i in the total cost (endogenous variables); w_j = price of the input j (exogenous variables); y = agricultural GDP; α_i, β_{ij} = parameters to be estimated and; e_i = observation errors; for $i, j= m$ (labor), t (tractors), d (threshing), c (credit from commercial banks), b (credit from development banks), n (nitrogen fertilizers) and, f (phosphate fertilizers); for $i \neq j$.

Elasticities calculation. Once the β_{ij} and S_i are estimated, we proceeded to calculate the elasticities of substitution Allen-Uzawa of partial elasticities of inputs demand. The elasticity of Allen-Uzawa partial substitution (σ_{ij}), measures the percentage change in demand for the i -th input to a percentage change in the price of j -th input, keeping the prices of other inputs and the output constant, these elasticities were calculated using the following formulas (Weaver, 1983):

$$\sigma_{ii} = \frac{\beta_{ii}}{(S_i)^2} + 1 - \frac{1}{S_i} \text{ y } \sigma_{ij} = 1 + \frac{\beta_{ij}}{S_i S_j} \text{ for } i \neq j, \text{ where } \sigma_{ij} = \sigma_{ji} \quad (6)$$

$S_i, \sigma_{ij} > < 0$, then inputs i and j are substitutes (complements).

Desarrollando la ecuación (2), el modelo se expresa como:

$$S_i = \alpha_{im} + \beta_{im} \ln w_m + \beta_{it} \ln w_t + \beta_{id} \ln w_d + \beta_{ic} \ln w_c + \beta_{ib} \ln w_b + \beta_{in} \ln w_n + \beta_{iy} \ln y + e_i \quad (5)$$

Donde: S_i = participación del insumo i dentro del costo total (variables endógenas); w_j = precio del insumo j (variables exógenas); y = PIB agropecuario; α_i, β_{ij} = parámetros a estimar; e_i = errores de observación; para $i, j = m$ (mano de obra), t (tractores), d (trilladoras), c (crédito de la banca comercial), b (crédito de la banca de desarrollo), n (fertilizantes nitrogenados), y (fertilizantes fosfatados); para $i \neq j$.

Cálculo de elasticidades. Una vez estimados los β_{ij} y las S_i , se prosiguió a calcular las elasticidades de sustitución parcial Allen-Uzawa y las elasticidades propias y cruzadas de demanda de insumos. La elasticidad de sustitución parcial Allen-Uzawa (σ_{ij}), mide el cambio porcentual en la demanda del i -ésimo insumo ante un cambio porcentual en el precio del j -ésimo insumo, manteniendo los precios de los otros insumos y el producto constante, dichas elasticidades se calcularon aplicando las siguientes fórmulas (Weaver, 1983):

$$\sigma_{ii} = \frac{\beta_{ii}}{(S_i)^2} + 1 - \frac{1}{S_i} \quad \text{y} \quad \sigma_{ij} = 1 + \frac{\beta_{ij}}{S_i S_j} \quad \text{para } i \neq j, \text{ donde } \sigma_{ij} = \sigma_{ji} \quad (6)$$

Si $\sigma_{ij} > 0$, entonces los insumos i y j son sustitutos (complementarios).

Las elasticidades propias (n_{ii}) y cruzadas de la demanda (n_{ij}), miden la respuesta porcentual de la demanda del i -ésimo insumo ante cambio porcentual del precio del j -ésimo insumo, manteniendo los precios de los otros insumos y el nivel de producto constante, éstas se calcularon (Chung, 1994; Pope y Just, 1998) como sigue:

$$n_{ii} = \sigma_{ii} S_i; \quad n_{ij} = \sigma_{ij} S_j \quad \text{para } i \neq j \quad (7)$$

Si $|n_{ii}| > 1$, entonces el insumo i es elástico (inelástico); Si $n_{ij} < 0$, entonces los insumos i y j son complementarios (sustitutos).

Simulación del modelo. Para determinar el comportamiento de las demandas de los insumos, si es que continúa la tendencia en la relación de precios y cantidades observadas se formuló la proyección de variables pensando en la variación de precios de todos los insumos (w_i) y del PIB agropecuario hasta 2010. La forma de proceder fue obteniendo la proyección de los logaritmos naturales de los precios de los ocho insumos y del PIB del sector, con base en la serie histórica (1970-2006)

The elasticities (n_{ii}) and demands (n_{ij}), measure the percentage of the demand response of the i -th input to percentage change in price of the j -th input, keeping the prices of other inputs and the output level constant, calculated (Chung, 1994; Pope and Just, 1998) as follows:

$$n_{ii} = \sigma_{ii} S_i; \quad n_{ij} = \sigma_{ij} S_j \quad \text{for } i \neq j \quad (7)$$

$S_i |n_{ii}| > 1$, then the input i is elastic (inelastic); $S_i n_{ij} < 0$ then inputs i and j are complements (substitutes).

Model simulation. In order to determine the behavior of the demands of the inputs, if the trend in relation with the observed prices and quantities continue, a variable projection was made considering the price variation of all inputs (w_i) and agricultural GDP by 2010. The procedure was getting the projection of the natural logarithms of the prices of the eight inputs and sector GDP, based on the historical series (1970-2006) for four years more (2007-2010). After obtaining the projections, we performed the calculation of demand for each input, based on the following formula:

$$S_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^8 \beta_{ij} \ln w_j + \beta_{iy} \ln y \quad \text{with } i, j = m, t, d, c, b, n, f, p. \quad (8)$$

Where: $\alpha_i, \beta_{ij}, \beta_{iy}$ = parameters constrained by homogeneity and symmetry estimated by the model for the entire series of 37 years (1970-2006); $\ln w_j$ = natural logarithm of the projected price of input j ; $\ln y$ = natural logarithm of agricultural GDP based in the projection; S_i = cost share of input i in total cost. In order to estimate the system of equations involving inputs and elasticities we used the method of Zellner of seemingly unrelated equations.

Results and discussion

The Table 1 shows the determination coefficients of the seven equations of demands per inputs. For the t test, we used the significance levels of 5 and 10% and 31 degrees of liberty. Thus, the critical values were $t_{0.05} = 1.960$ and $t_{0.10} = 1.645$. Considering the t ratios presented in Table 1 (figures in brackets) of the twenty-eight coefficients (β_{ij}) estimated, eighteen were statistically reliable at 95% and another one at 90%.

The scale of agricultural sector production was analyzed using the coefficient of this variable in the estimated model. In the case of the function of demand for labor, a 1% increase in agricultural production requires an increase of 0.0874%

para cuatro años más (2007-2010). Una vez obtenidas las proyecciones, se realizó el cálculo de la demanda para cada uno de los insumos, con base en la siguiente fórmula:

$$S_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^8 \beta_{ij} \ln w_j + \beta_{iy} \ln y \text{ con } i, j = m, t, c, b, n, f, p. \quad (8)$$

Donde: $\alpha_i + \beta_{ij}$, β_{iy} = parámetros restringidos por homogeneidad y simetría estimados por el modelo para toda la serie de los 37 años (1970-2006); $\ln w_j$ = logaritmo natural de la proyección del precio del insumo j ; $\ln y$ = logaritmo natural del PIB agropecuario con base en la proyección; S_i = participación del costo del insumo i en el costo total. Para estimar el sistema de ecuaciones de participación de insumos y las respectivas elasticidades, se empleó el método de Zellner de ecuaciones aparentemente no relacionadas.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran los coeficientes de determinación de las siete ecuaciones de demandas por insumos. Para la prueba t , se tomaron los niveles de significancia de 5 y 10% y 31 grados de libertad. Así, los valores críticos fueron $t_{0.05} = 1.960$ y $t_{0.10} = 1.645$. Considerando las razones t , presentadas en el Cuadro 1 (cifras entre paréntesis), de los 28 coeficientes (β_{ij}) estimados, 18 resultaron estadísticamente confiables a 95% y uno más a 90%.

of the labor force used in the industry, given levels of input prices, indicating that this input has low productivity. Furthermore, the results indicate that an increase of 0.0008% nitrogen fertilizer leads to an increase of 1% in the product level.

Own and cross elasticities of the demand for inputs and their implications. The Table 2 presents the own and cross elasticities of the input demands. Out of the 64 estimated elasticities, only eight were found to be less than unity in absolute terms, indicating that the eight inputs are inelastic. These own elasticities are similar to those obtained by Lee (1980) for Canadian agriculture, estimated within the range of -0.28 to -0.464, like those of Griffiths *et al.* (2000) between -0.053 to -0.647 for Australian agriculture. In the case of labor, we obtained an own elasticity of -0.0583, which is less sensitive to those obtained by Binswanger (1974b) of -0.911 and López (1980) of -0.517, for U.S. agriculture and Canada, respectively.

The little answer presented by the demand for labor before changes in price, in the agricultural production in Mexico, reflects the presence of an excess of persons engaged in this activity and low salary levels, or a failure given by the market for self-employment and family labor. This situation is contrary to that in U. S. agriculture, where the demand response is almost proportional to

Cuadro 1. Parámetros restringidos estimados de la función de costo translog para la producción agropecuaria, 1970-2006. Table 1. Restricted parameters estimated from the translog cost function for agricultural production, 1970-2006.

| S _i [§] | Variables independientes [†] | | | | | | | | | | R ² |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|----------------|
| | W _m | W _t | W _d | W _c | W _b | W _n | W _f | W _p | α_i [‡] | Y _i ^Γ | |
| S _m | 0.2084 (17.42) ^ξ | -0.0261 (-12.29) | -0.0022 (-4.94) | -0.1065 (-9.02) | -0.0301 (-2.85) | -0.0377 (-10.74) | -0.0044 (-2.75) | -0.0014 | -2.9468 (-4.74) | 0.0874 (3.5) | 0.61 |
| S _t | | 0.0258 (14.61) | 0.0013 (3.87) | 0.0094 (-2.84) | 0.0076 (2.14) | 0.0007 (0.55) | -0.0002 (-0.21) | 0.0002 | 0.0755 (1.08) | -0.0026 (-0.93) | 0.72 |
| S _d | | | 0.0007 (4.65) | -0.0007 (-1.2) | 0 (-0.03) | 0.0004 (1.5) | -0.0003 (-2.08) | 0.0009 | -0.0019 (-0.16) | -0.0001 (-0.21) | 0.56 |
| S _c | | | | 0.0812 (3.66) | 0.0202 (0.91) | 0.0126 (2.22) | 0.0033 (1.1) | -0.0007 | -3.1922 (5.24) | -0.0796 (-3.25) | 0.38 |
| S _b | | | | | 0.023 (0.89) | -0.0155 (-2.45) | -0.0044 (-1.73) | -0.0008 | 0.6309 (1.32) | -0.0053 (-0.27) | 0.17 |
| S _n | | | | | | 0.0407 (14) | -0.0005 (-0.4) | -0.0008 | 0.0336 (0.25) | 0.0008 (0.14) | 0.71 |
| S _f | | | | | | | 0.0066 (7.32) | -0.0002 | 0.0159 (0.23) | -0.0003 (-0.12) | 0.53 |
| S _p | | | | | | | | 0.0027 | 0.0005 | -0.0003 | |

^m= mano de obra; ^t= tractores; ^d= trilladoras; ^c= crédito de la banca comercial; ^b= crédito de la banca de desarrollo; ⁿ= fertilizante nitrogenado; ^f= fertilizante fosfatado; ^p= fertilizante potásico; [†]= precios de insumos; [‡]= ordenada al origen de cada función de demanda; ^Γ= coeficiente del producto; [§]= funciones de las demandas de insumos; ^ξ= números entre paréntesis son estadísticas t .

La escala de producción del sector agropecuario fue analizada por medio del coeficiente de dicha variable en el modelo estimado. En el caso de la función de demanda por mano de obra, un incremento de 1% de la producción agropecuaria requiere de un aumento de 0.0874% de la fuerza de trabajo utilizada en el sector, a niveles dados de precios de los insumos, indicando que este insumo presenta baja productividad. Además, los resultados indican que un aumento de 0.0008% de los fertilizantes nitrogenados conduce a un aumento de 1% en el nivel del producto.

Elasticidades propias y cruzadas de las demandas de insumos y sus implicaciones. El Cuadro 2 presenta las elasticidades propias, y cruzadas de las demandas de insumos. De las 64 elasticidades calculadas, las ocho propias resultaron ser menores a la unidad, en términos absolutos, indicando que los ocho insumos son inelásticos. Estas elasticidades propias son similares a las obtenidas por López (1980) para la agricultura canadiense, estimadas dentro del rango de -0.28 a -0.464, al igual que las de Griffiths *et al.* (2000) entre -0.053 a -0.647 para la agricultura australiana. En el caso particular de la mano de obra, se obtuvo una elasticidad propia de -0.0583, que es menos sensible a las obtenidas por Binswanger (1974b) de -0.911 y López (1980) de -0.517, para la agricultura de Estados Unidos de América y Canadá, respectivamente.

the change in price. The elasticity calculated for tractors (0.0784) was found to be inelastic, but not significantly different from zero as shown in Table 3, confidence intervals. Moreover, because the tractors are imported inputs and there are only a few alternatives, these had to buy even if prices rise.

The elasticity of phosphate fertilizers obtained in this work, -0.277 is similar to that reported by López (1980) for Canadian agriculture in 1977 (-0.391). From the eight inputs considered in this study, the development credit bank is the least inelastic (-0.6802); i.e., its demand has a greater sensitivity to changes in price. This result is similar to that obtained by Omana (1999), -0.4058, production of maize in Mexico. The cross elasticities indicate the degree of complementarity or substitution of different pairs of inputs. Table 2 shows that, the cross elasticities for different inputs considered in this work are quite small.

Complementarity or substitution relations between pairs of inputs. The Table 4 shows the partial substitution elasticities Allen-Uzawa, calculated for all pairs of inputs studied. These elasticities have the same sign as the cross elasticities for the same pair of inputs, and the difference is that the former have larger values. The labor has a complementary relationship with tractors, combines

Cuadro 2. Estimación de elasticidades propias y cruzadas de las demandas de insumos, 1970-2006.

Table 2. Estimated own and cross elasticities of the demand for inputs, 1970-2006.

| Insumos [±] | Variables independientes [†] | | | | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | W _m | W _t | W _d | W _c | W _b | W _n | W _f | W _p |
| S _m | -0.0583 | -0.02 | -0.0025 | 0.0353 | 0.0581 | -0.0155 | 0.0018 | 0.0011 |
| S _t | -0.0153 | 0.0784 | 0.0533 | -0.1671 | 0.421 | 0.0785 | 0.0025 | 0.0131 |
| S _d | -1.209 | 1.0625 | -0.3921 | -0.3841 | 0.0927 | 0.3602 | -0.2485 | 0.7182 |
| S _c | 0.0955 | -0.0189 | -0.0022 | -0.4088 | 0.2028 | 0.1068 | 0.0244 | 0.0003 |
| S _b | 0.3112 | 0.0941 | 0.001 | 0.4017 | -0.6802 | -0.093 | -0.0309 | -0.0039 |
| S _n | -0.1869 | 0.0394 | 0.0091 | 0.4754 | -0.209 | -0.116 | -0.0002 | -0.0119 |
| S _f | 0.1155 | 0.0065 | -0.033 | 0.574 | -0.3669 | -0.0009 | -0.277 | -0.0182 |
| S _p | 0.1897 | 0.0915 | 0.2523 | 0.0215 | -0.1211 | -0.1661 | -0.048 | -0.2198 |

_m= mano de obra; _t= tractores; _d= trilladoras; _c= crédito de la banca comercial; _b= crédito de la banca de desarrollo; _n= fertilizante nitrogenado; _f= fertilizante fosfatado; _p= fertilizante potásico; [±]= precios de insumos; [†]= funciones de las demandas de insumos.

La poca respuesta que presenta la demanda de fuerza de trabajo ante variaciones en su precio, en la producción agropecuaria de México, refleja la presencia de un exceso de personas que se dedican a esta actividad y con niveles de sueldos bajos, o bien una falla de mercado dada por el autoempleo y

and nitrogen fertilizers; however, a replacement ratio of phosphate and potassic fertilizers, commercial and development credit banks. The complementarity between labor and tractors coincides with the result obtained by Omana (1999) of -2.7985.

mano de obra familiar. Esta situación es contraria a la existente en la agricultura de Estados Unidos de América, donde la respuesta de la demanda es casi proporcional a la variación en su precio. La elasticidad propia calculada para tractores (0.0784) resultó ser inelástica, pero no significativamente diferente de cero como se puede apreciar en los intervalos de confianza Cuadro 3. Por otra parte, debido que los tractores son insumos importados y hay pocas alternativas estos han tenido que comprar aunque el precio aumente.

López (1980) found a high degree of substitution between the pair of inputs, 1,779, which attributed to the fact that Canadian agriculture recorded a decrease of farmers and an increase in the farm's size, leading to an increase in the use of machinery. Thus, the relationship of this pair complement of inputs in Mexico, indicate that there is still lots of people dedicated to agricultural activities, working on very small farms that do not allow intensive agricultural machinery. Labor has

Cuadro 3. Intervalos de confianza al 95% de las elasticidades de insumos.

Table 3. Confidence intervals at 95% of the inputs elasticities.

| Insumo | Límite inferior | Elasticidad | Límite superior |
|-----------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Mano de obra | -0.099123 | -0.058313 | -0.017503 |
| Tractores | -0.065921 | 0.07839 | 0.2227 |
| Trilladoras | -0.65292 | -0.39213 | -0.13134 |
| Crédito de la banca comercial | -0.61328 | -0.40882 | -0.20436 |
| Crédito de la banca de desarrollo | -1.15105 | -0.68018 | -0.20931 |
| Fertilizante nitrogenado | -0.23528 | -0.11596 | 0.003362626 |
| Fertilizante fosfatado | -0.47202 | -0.27703 | -0.08205 |
| Fertilizante potásico | -0.48917 | -0.21987 | 0.049419 |

La elasticidad propia de los fertilizantes fosfatados obtenida en este trabajo, -0.277 es similar a la registrada por López (1980) para la agricultura canadiense en 1977 (-0.391). De los ocho insumos considerados en este estudio, el crédito de la banca de desarrollo es el menos inelástico (-0.6802); es decir, su demanda presenta mayor sensibilidad ante variaciones en su precio. Este resultado es similar al obtenido por Omaña (1999), -0.4058, en la producción de maíz en México. Las elasticidades cruzadas indican el grado de complementariedad o sustitución de los diferentes pares de insumos. En el Cuadro 2 se observa que las elasticidades cruzadas para los diferentes insumos, considerados en este trabajo, son muy pequeñas.

Relaciones de complementariedad o sustitución entre pares de insumos. En el Cuadro 4 se presentan las elasticidades de sustitución parcial Allen-Uzawa, calculadas para todos los pares de insumos estudiados. Estas elasticidades tienen el mismo signo que las elasticidades cruzadas para el mismo par de insumos, y la diferencia radica en que los primeros tienen valores más grandes. La mano de obra presenta una relación de complementariedad con tractores, trilladoras y fertilizantes nitrogenados; sin embargo, una relación de sustitución con fertilizantes fosfatados y potásicos, crédito de la banca de

replacement credit from development banks (0.5307) and commercial (0.1628), i.e., greater credit resources available, because the producer was in the possibility of acquiring machinery and equipment to modernize its farming practices and thus increase productivity in the field.

Substitution between tractors and threshers indicate that, the producers who use machinery have the need for more tractors for farming practices and do not use mechanical harvesters, activity predominantly made by hand, which explains the large percentage that represents the cost of labor in production. Replacing tractors with fertilizer nitrogen, phosphate and potassium, indicated that these inputs are relatively expensive in cost structure, so that the producers have to choose between mechanization and fertilizer usage.

Furthermore, the results show that the tractors present complementarity with the commercial credit bank and labor as well. The credit development bank remains complementary to nitrogenous, phosphate and potassic; i.e. granting credit resources to producers promotes the acquisition and use of fertilizers in

desarrollo y comercial. La complementariedad entre mano de obra y tractores coincide con el resultado obtenido por Omaña (1999) de -2.7985.

agricultural production. Substitution between the two lending institutions reflects the differentiation of criteria regarding the allocation of resources, whose policy is

Cuadro 4. Determinación de las elasticidades de sustitución parciales Allen-Uzawa (restricción de simetría impuesta).
Table 4. Determination of partial substitution elasticities Allen-Uzawa (symmetry restriction imposed).

| Insumos ¹ | Variables independientes [†] | | | | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | W _m | W _t | W _d | W _c | W _b | W _n | W _f | W _p |
| S _m | -0.0995 | -0.8182 | -2.0621 | 0.1628 | 0.5307 | -0.3188 | 0.1971 | 0.3236 |
| S _t | | 3.2025 | 43.3956 | -0.7701 | 3.8437 | 1.6107 | 0.2668 | 3.7388 |
| S _d | | | -319.2192 | -1.77 | 0.8465 | 7.3894 | -26.8894 | 205.4131 |
| S _c | | | | -1.884 | 1.8512 | 2.1911 | 2.6252 | 0.099 |
| S _b | | | | | -6.2096 | -1.9078 | -3.3493 | -1.1054 |
| S _n | | | | | | -2.3788 | -1.0194 | -3.4079 |
| S _f | | | | | | | -29.9801 | -5.1951 |
| S _p | | | | | | | | -62.8718 |

_m= mano de obra; _t= tractores; _d= trilladoras; _c= crédito de la banca comercial; _b= crédito de la banca de desarrollo; _n= fertilizante nitrogenado; _f= fertilizante fosfatado; _p= fertilizante potásico; [†]= precios de insumos; ¹= funciones de las demandas de insumos.

López (1980) encontró un alto grado de sustitución entre este par de insumos, 1.779, lo que atribuyó a que en la agricultura canadiense se registró una disminución de agricultores y un aumento en el tamaño de fincas, propiciando un aumento en el uso de maquinaria. Así, la relación de complemento de este par de insumos en México, está indicando que aún existe gran cantidad de la población que se dedica a las actividades agropecuarias, laborando en fincas muy pequeñas que no permiten el uso intensivo de maquinaria agrícola. La fuerza de trabajo presenta sustitución con el crédito otorgado por la banca de desarrollo (0.5307) y comercial (0.1628); es decir, una mayor disposición de recursos crediticios, provocaría que el productor estuviera en la posibilidad de adquirir maquinaria y equipo para modernizar sus prácticas agropecuarias, y con ello aumentar la productividad en el campo.

La sustitución entre tractores y trilladoras indica que los productores que emplean maquinaria, tiene la necesidad de utilizar más tractores para realizar prácticas de cultivo y no usan trilladoras en la cosecha mecánica, actividad realizada predominantemente de manera manual; esto explica el gran porcentaje que representa el costo de la fuerza de trabajo en la producción. La sustitución de tractores con fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos, indica que estos insumos son relativamente caros dentro de la estructura de costos, por lo que los productores tienen que elegir entre mecanización o uso de fertilizantes.

determined by the Federal Government; that is, the result states that the competition is the selection of the subject of credit by these institutions, where commercial banks prefer to lend to farmers with greater ability to pay.

Participation costs of inputs in agricultural production.

The share of input costs or demands for production inputs are important because they reflect the determination to have each of them in farming. Table 5 presents those holdings estimated translog cost function applied to the model, for the period 1970-2006. The results show the great relevance of labor within the cost structure, registering an average value of 58.62%, exceeding that obtained by (Yotopoulos *et al.*, 1976) for agriculture in Taiwan (40%), followed by the commercial credit bank (21.69%) and development (10.95%). In total, these three inputs represent 91.26% of the cost of the basket of inputs used.

Input demands prediction. Analyzing the shares or input demands in agricultural production for 2006, it's observed that the most important one is labor, followed by the commercial credit bank, nitrogen fertilizers and tractors, representing 60.05%, 31.75 %, 3.44% and 2.5%, of its share of the total cost. In 2007-2010, the labor inputs and nitrogen and phosphate fertilizers show a downward trend in production sharing, while the rest of the inputs have a growing trend.

Por otro lado, los resultados muestran que los tractores presentan complementariedad con el crédito de la banca comercial y la mano de obra. El crédito de la banca de desarrollo mantiene complementariedad con fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos; es decir, el otorgamiento de recursos crediticios a productores promueve la adquisición y uso de fertilizantes en la producción agropecuaria. La sustitución entre las dos instituciones crediticias refleja la diferenciación de criterios en cuanto a la asignación de recursos, cuya política la determina el Gobierno Federal; es decir, el resultado obtenido establece que la competencia se da en la selección del sujeto de crédito por parte de dichas instituciones, donde la banca comercial prefiere otorgar créditos a productores con capacidad de pago mayor.

Participación de costos de insumos en la producción agropecuaria. La participación de costos de los insumos o demandas de insumos de la producción, son importantes porque reflejan la determinación que tienen cada uno de ellos en la actividad agropecuaria. El Cuadro 5 presenta dichas participaciones estimadas por la función de costo translog aplicada al modelo, para el periodo 1970-2006. Los resultados indican la gran relevancia que tiene la mano de obra dentro de la estructura de costos, registrando un valor promedio de 58.62%, siendo superior al obtenido por (Yotopoulos *et al.*, 1976) para la agricultura de Taiwán (40%), seguido del crédito de la banca comercial (21.69%) y de desarrollo (10.95%). En total, estos tres insumos representan 91.26% del costo de la canasta de insumos empleada.

For 2008, the demand for credit from commercial banks, threshing machines, potassic fertilizers, tractors and development credit banks grew 2.38, 2.76, 1.51, 1.35 and 0.73% respectively over 2007. Instead, labor, phosphate fertilizers and nitrogen decreased 2.77, 1.51 and 0.48%, respectively (Table 4). According to the structure of input demand by 2009, it's required that commercial banks increase the credits to 2.33% (\$ 7 221, 919 385.00 real pesos). Meanwhile, development banks should increase loans to 0.72% (\$ 796 983, 982.40 real pesos). Overall, the Mexican banking system (commercial and development banks) should increase funding via credit to the farmers, for an amount of \$ 8 018 903 367.40 actual weights for 2009, in order to continue promoting the field.

Similarly, in 2010, commercial banks should increase the credits to 2.28% (\$ 7 214, 164 178.00) and development banks in 0.72% (\$ 798 464, 681.40), thus having, that the Mexican banking system should increase resources through credit to the farmers for an amount of \$ 8 012, 628 859.00 actual weights for 2010. In contrast, labor in 2009 presents a decrease of 2.86%, which means less than 113 363 workers in the sector, record a total of 3 850 412 agricultural workers in Mexico.

It is important to note that, the projections will occur as long as each of the inputs move in the direction and proportion established by the model; otherwise, the discrepancy

Cuadro 5. Participación porcentual de las demandas de insumos con base en la proyección de las variables del modelo, 2007-2010.

Table 5. Share of input demands based on the projection of the model variables, 2007-2010.

| Demandas | Años | | | | | |
|----------------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1970-2006 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| S _m | 58.62765 | 60.057 | 38.454887 | 37.3876 | 36.318119 | 35.249758 |
| S _t | 2.44837 | 2.5089 | 3.299772 | 3.344369 | 3.388978 | 3.433359 |
| S _d | 0.12284 | 0.07961 | 0.262288 | 0.26955 | 0.276803 | 0.284028 |
| S _c | 21.69889 | 31.753 | 39.744978 | 40.694607 | 41.646329 | 42.597029 |
| S _b | 10.95369 | 1.162 | 12.519011 | 12.610284 | 12.701248 | 12.792381 |
| S _n | 4.87483 | 3.446 | 4.493382 | 4.471668 | 4.450281 | 4.428922 |
| S _f | 0.92407 | 0.4626 | 0.735372 | 0.7242 | 0.713084 | 0.701923 |
| S _p | 0.34966 | 0.53089 | 0.49031 | 0.497722 | 0.505158 | 0.5126 |

m= mano de obra; t= tractores; d= trilladoras; c= crédito de la banca comercial; b= crédito de la banca de desarrollo; n= fertilizante nitrogenado; f= fertilizante fosfatado; p= fertilizante potásico; ±= funciones de las demandas de insumos.

Predicción de las demandas de insumos. Analizando las participaciones o demandas de insumos en la producción agropecuaria para 2006, se observa que la más importante de ellas resulta ser la mano de obra, seguido por el crédito de la banca comercial, los fertilizantes nitrogenados y tractores, representando 60.05%, 31.75%, 3.44% y 2.5%, de su participación en el costo total. En el periodo 2007-2010, los insumos mano de obra y fertilizantes nitrogenados y fosfatados, muestran una tendencia decreciente en participación en la producción, mientras que el resto de los insumos presentan una tendencia creciente.

Para 2008, las demandas de crédito de la banca comercial, trilladoras, fertilizantes potásicos, tractores y crédito de la banca de desarrollo crecieron 2.38, 2.76, 1.51, 1.35 y 0.73%, respectivamente con relación a 2007. En cambio, la mano de obra, los fertilizantes fosfatados y nitrogenados disminuyeron 2.77, 1.51 y 0.48 %, respectivamente (Cuadro 4). De acuerdo a la estructura de la demanda de insumos, para 2009 se requiere que la banca comercial aumente el crédito 2.33% (\$ 7 221 919 385.00 pesos reales). Por su parte, la banca de desarrollo debe aumentar el crédito en 0.72% (\$ 796 983 982.40 pesos reales). En conjunto, el sistema bancario mexicano (banca comercial y de desarrollo), deberá incrementar los recursos vía crédito a los productores agrícolas por un monto de \$ 8 018 903 367.40 pesos reales para 2009, con la finalidad de continuar impulsando el campo.

De manera similar, en 2010, la banca comercial debe aumentar el crédito 2.28% (\$ 7 214 164 178.00) y, la banca de desarrollo en 0.72% (\$798 464 681.40), teniendo así, que el sistema bancario mexicano debe incrementar recursos vía crédito a los productores agrícolas por un monto de \$ 8 012 628 859.00 pesos reales para 2010. En contraparte, el trabajo en 2009, registra una disminución de 2.86%, lo que significa 113 363 trabajadores menos en el sector, para registrar un total de 3 850 412 empleados agrícolas en México.

Es importante señalar que las proyecciones ocurrirán siempre y cuando cada uno de los insumos se mueva en la dirección y proporción que establece el modelo; en caso contrario, la discrepancia entre lo proyectado y lo real puede ser grande. En el caso particular del crédito, para que se tenga una mayor disponibilidad de recursos crediticios, por parte de la banca comercial y de desarrollo, se requiere del reembolso en el plazo pactado con dichas instituciones, incluyendo la tasa de interés; es decir, cada peso de crédito

between projected and actual may be quite large. In the case of credit, for a greater availability of credit resources, by commercial and development banks, it's required the refund in a timely fashion with these institutions, including the interest rate; i.e. each credit weight assigned to the agricultural sector must be returned in order to be reallocated and increased the following year, seeking thereby to capitalize the Mexican countryside.

Conclusions

Using a translog cost function an eight-demands of inputs system was estimated (labor, tractors, threshers, credit from commercial banks, credit development banks, nitrogen fertilizer, phosphate fertilizer and potassic fertilizer) in agricultural production in Mexico, all proving to be inelastic. Based on the model simulation, the allocation of credit resources for agricultural production, over time will directly determine the level of technology in the field.

The complementarity of labor with tractors, threshers, nitrogenous and phosphatic fertilizers, and the replacement with fertilizer and credit of the banking and commercial development, allow to characterize most of Mexican agriculture as highly fragmented, extensive, traditional, low productivity and dependent on the allocation of credit resources to the agricultural sector. Given this, it is necessary to design and implement a comprehensive agricultural policy toward the Mexican countryside, based on agricultural research, together with technical assistance and greater participation of lending institutions for rural producers.

Finally, the use of the translog cost function to time series data on agricultural production, provides strong support in empirical applications of economic theory, since it estimates inputs demand and useful elasticities to characterizing the production structure.



asignado al sector agrícola deberá ser devuelto para poder ser reasignado e incrementado al siguiente año, buscando con ello capitalizar al campo mexicano.

Conclusiones

Mediante una función de costo translog se estimó un sistema de ocho demandas de insumos (mano de obra, tractores, trilladoras, crédito de la banca comercial, crédito de la banca de desarrollo, fertilizantes nitrogenados, fertilizantes fosfatados y fertilizantes potásicos) de la producción agropecuaria en México, resultando ser todos inelásticos. Con base a la simulación del modelo, la asignación de recursos crediticios a la producción agropecuaria, a través del tiempo, determinará en forma directa el grado de tecnificación del campo.

La complementariedad del trabajo con los tractores, trilladoras, fertilizantes fosfatados y nitrogenados, así como la sustitución con los fertilizantes potásicos y el crédito de la banca de desarrollo y comercial, permiten caracterizar a gran parte de la agricultura mexicana, como altamente fragmentada, extensiva, tradicional, de baja productividad y dependiente de la asignación de los recursos crediticios al sector agrícola. Ante esto, es necesario el diseño y aplicación de una política agropecuaria integral hacia el campo mexicano, fundamentada en la investigación agropecuaria, acompañada con asesoría técnica y mayor participación de las instituciones crediticias hacia los productores del campo.

Finalmente, el uso de la función de costo translog a datos de series de tiempo en la producción agropecuaria, provee fuerte soporte en aplicaciones empíricas de la teoría económica, puesto que estima demandas de insumos y elasticidades útiles en la caracterización de la estructura productiva.

Literatura citada

- Baanante, C. A. and Sidhu, S. S. 1980. Impact substitution and agricultural research. *Indian J. Agric. Econ.* 35:20-33.
- Banco de México (BM). 2007. Indicadores económicos (15/08/2007). México. URL: <http://www.banxico.org.mx>.
- Binswanger, H. 1974b. The measurement of technical change biases with many factors of production. *Am. Econ. Rev.* 64:964-976.
- Consejo Nacional Agropecuario (CNA). 2003. Estadísticas básicas del sector agropecuario. 1990-2000. Dirección de Estudios Económicos del CNA. D. F., México.
- Chung, J. W. 1994. Utility and production functions, theory and applications. Backwell Publisher. Oxford and U. K. Cambridge, USA. 25-38 pp.
- Christensen, L. R.; Jorgenson, D. W. and Lau, L. J. 1973. Transcendental logarithmic production frontiers. *Rev. Econ. Stat.* 55:28-45.
- Griffiths, W. E.; O'Donnell, C. J. and Tan, C. A. 2000. Imposing Regularity Conditions on System of Cost and Factor Share Equations. *Austra. J. Agric. Resource Econ.* 44:107-127.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2003. Cuentas de bienes y servicios. Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM) Tomo I. México. 1995-2000.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2007. Anuario estadístico de México. <http://www.inegi.gob.mx>.
- López, R. E. 1980. The structure of production and the derived demand for inputs in Canadian agriculture. *Am. J. Agric. Econ.* 62:38-45.
- López, R. E. and Tung, F. L. 1982. Energy and non-energy input substitution possibilities and output scale effects in Canadian agriculture. *Can. J. Agric. Econ.* 30:115-132.
- O'Donnell, C. J. and Woodland, A. D. 1995. Estimation of Australian wool and lamb production technologies under uncertainty: an error-components approach. *Am. J. Agric. Econ.* 77:552-565.
- Omaña, S. J. M. 1999. La producción de maíz en México, un análisis de su estructura interna de producción. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Tesis Doctorado en Ciencias. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 132 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2007. Comercialización de alimentos. URL: <http://www.faostat.org>.
- Pindyck, R. and Rubinfeld, D. 1981. *Econometric model and economic forecasts*. 2nd edition. Mc Graw Hill. USA. 38-43 pp.
- Pope, R. D. and Just, R. E. 1998. Cost function estimation under risk aversion. *Am. J. Agric. Econ.* 80:288-295.
- Presidencia de la República. 2000. Anexo del VI Informe de Gobierno. D. F., México.

- Shidu, S. S. and Baanante, C. A. 1981. Estimating farm-level input demand and wheat supply in the Indian Punjab using a translog profit function. *Am. J. Agric. Econ.* 62:237-246.
- Terrell, D. 1996. Incorporating monotonicity and concavity conditions in flexible functional forms. *J. App. Econom.* 2:179-194.
- Weaver, R. D. 1983. Multiple input, multiple output production choices and technology in the U. S. wheat region. *Am. J. Agric. Econ.* 65:45-56.
- Yotopoulos, P. A.; Lau, L. J. and Lin, W. L. 1976. Microeconomic output supply and factor demand function in the agriculture of the province of Taiwan. *Am. J. Agric. E.* 58:333-340.